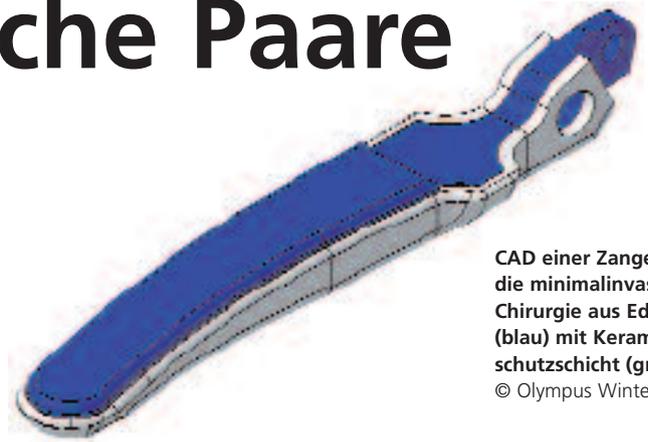


# Hochzeit für ungleiche Paare

Für chirurgische Instrumente oder auch Bauteile von Autos werden Komponenten aus verschiedenen Keramiken oder Metall-Keramik-Hybride benötigt. Bislang war die Verbindung der unterschiedlichen Werkstoffe allerdings knifflig und wenig haltbar. Mit einem neuen Verfahren aber lassen sich Keramiken und Metalle künftig zu robusten Hochleistungskomponenten verschmelzen.



CAD einer Zange für die minimalinvasive Chirurgie aus Edelstahl (blau) mit Keramikschutzschicht (grau).  
© Olympus Winter & Ibe

**Eigentlich** sind Keramik und Metall ein schönes Paar. Sie ergänzen sich: Metall leitet Wärme und Strom. Keramik isoliert. Allerdings lassen sich verschiedene Stoffklassen nur schwer verbinden. Wer Metall an Keramik fügen will, muss kleben, löten oder schrauben. Für stark beanspruchte Komponenten – etwa im Automotor oder in chirurgischen Instrumenten – reichen die klassischen Fügeverfahren oftmals nicht aus. Die Keramik könnte einfach abplatzen. Auch die Kombination verschiedener Keramiken ist schwierig. In mehreren Forschungsprojekten versuchen Experten vom Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS in Dresden gemeinsam mit Firmen und anderen Instituten, das scheinbar Unmögliche möglich zu machen: die nahtlose Verbindung, quasi das Verschmelzen verschiedener Keramiken sowie von Keramik und Metall. In den Kooperationsprojekten arbeiten die IKTS-Forscher unter anderem an einer korrosionsbeständigen Glühkerze für Dieselmotoren, die großer Hitze trotzen soll, einer Präzisionszange mit elektrisch leitfähiger Spitze für die minimalinvasive Chirurgie und an Bremsklötzen für Hochgeschwindigkeitszüge.

Für das Verheiraten der verschiedenen Werkstoffe haben die Dresdner ein altbewährtes Herstellungsverfahren aus der Kunststoffindustrie entlehnt – das Spritzgießen. Beim Spritzgießen wird schmelzflüssiger Kunststoff einfach in eine Bauteilform gespritzt, wo er zu einem Bauteil erkaltet.

In die Form kann man sogar gleichzeitig verschiedene Kunststoffe einspritzen und so beispielweise mehrfarbige Plastikkomponenten fertigen. Das funktioniert ausgesprochen gut, denn Kunststoff und Kunststoff gesellt sich gern.

Für Metall und verschiedene Keramiken gilt das allerdings nicht. Die Forscher müssen daher zunächst Keramiken und Metalle finden, die zueinander passen.

## Keramik- und Metallpulver werden zum fertigen Bauteil verbacken

Keramik und Metall kommen als Pulver zum Einsatz. In der Form werden sie bei etwa 1400 °C miteinander zum fertigen Bauteil verbacken – gesintert. Damit sich das Pulver überhaupt spritzen lässt, wird es zunächst aber mit einem Kunststoff vermischt, dem Binder. Das Problem: Beim Sintern schrumpfen verschiedene Substanzen wie Metall und verschiedene Keramiken unterschiedlich stark. Dieses »Schwinden« kann beträchtlich sein, da sich auch der Binder verflüchtigt. So schrumpfen manche Bauteile im Ofen um mehr als 20 Prozent. Die Folge: Im Material können Spannungen entstehen, die das Bauteil bersten lassen. »Wenn wir Metalle und Keramiken oder verschiedene Keramiken verbinden wollen, müssen wir also Materialien finden, die bei gleichen Temperaturen gleich stark schwinden«, erläutert Dr. Reinhard Lenk, Abteilungsleiter am IKTS und Projektleiter

des Fraunhofer-Demonstrationszentrums »AdvanCer«. Bei der Suche nach solchen Werkstoffen wurden sie von Forschern des Fraunhofer-Instituts für Werkstoffmechanik IWM in Freiburg unterstützt, die das Schwindungsverhalten verschiedener Stoffe simulieren können. So lassen sich potenzielle Keramik- und Metallkandidaten ohne großen Aufwand prüfen.

Gemeinsam waren die Entwickler erfolgreich: Im EU-geförderten Projekt CarCIM haben die Wissenschaftler vor kurzem keramische Diesel-Glühkerzen aus zwei keramischen Materialien gefertigt. Diese sind nicht nur haltbarer und korrosionsbeständiger als die klassischen Zünder aus Metall, sondern auch billiger zu fertigen. Zudem eignen sie sich auch für neue, effizientere Motoren mit höheren Verbrennungstemperaturen. Die Glühkerzen haben die ersten Tests bereits bestanden. Im kommenden Jahr folgen dann ausführliche Vorserienprüfungen.

Die Glühkerzen bestehen aus einem zylindrischen, isolierenden Kern aus Silizium-Nitrid-Keramik. Darauf sitzt der spritzgegossene Stromleiter aus einer leitfähigen Keramik. Die Forscher spritzen die Leiterbahn in einer separaten Form vor, legen sie dann in die eigentliche Glühkerzenform und spritzen anschließend das Isolatormaterial ein. So können sich die beiden Materialien nicht vermischen. Zwar ist das Einlegen ein zusätzlicher manueller Arbeitsschritt. »Dennoch ist die Methode deutlich schneller und

**Prüfkörper aus Pulverstahl und Zirkonoxid: Spritzgegossen und gesintert in einem Schritt.**

© Fraunhofer IKTS

## »AdvanCer«

Im Fraunhofer-Demonstrationszentrum »AdvanCer« haben sich sieben Institute der Fraunhofer-Allianz Hochleistungskeramik zusammengeschlossen. Das Forschungsspektrum der Institute reicht von der Modellierung und Simulation über die anwendungsorientierte Entwicklung von Werkstoffen, Fertigungsprozessen und Bearbeitungstechnologien bis zur Bauteilcharakterisierung, Bewertung und zerstörungsfreier Prüfung unter Einsatzbedingungen. Darüber hinaus umfasst das Angebot von »AdvanCer« Beratungs- und Transferleistungen für Hersteller und Anwender von Hochleistungskeramik.



[advancer.fraunhofer.de](http://advancer.fraunhofer.de)

billiger als die klassischen Fügeverfahren wie etwa das Löten«, sagt Lenks Mitarbeiter Dr. Tassilo Moritz, der das EU-Projekt leitet.

Metall-Keramik-Hybride sind für die Medizintechnik interessant. In enger Zusammenarbeit mit dem Hamburger Hersteller Olympus Winter & Ibe und anderen Partnern entwickeln die IKTS-Forscher im Projekt GreenTaPIM eine minimalinvasive Zange. Das längliche, nur etwa fünf Millimeter dünne chirurgische Instrument wird von hochfrequentem Strom durchflossen und erhitzt sich an seiner Spitze. So lässt sich krankhaftes Gewebe durchschneiden oder veröden. Herkömmliche Zangen besitzen nur einen elektrischen Pol. Deshalb fließt der Strom von der Zange durch den Körper des Patienten zurück. Die Belastung für ihn ist zwar nicht groß, dennoch geht es auch anders: Die Backen der neuen metallkeramischen Zange fungieren nämlich zugleich als Plus- und Minuspol. Der Strom fließt durch den einen Schenkel der Zange zum Gewebe und durch den anderen zurück. Die elektrisch leitende Komponente des Instruments liegt im Zangenschenkel. Sie wird von der isolierenden Keramik umhüllt. Nur die Backen bleiben frei. Damit lässt sich das Gewebe greifen und veröden.

Für die Herstellung greift das IKTS auf eine klassische Variante des Spritzgießens zurück – das Folienhinterspritzen. Hierbei wird die Bauteilform mit einer Keramikfolie ausgekleidet und dann mit der Metallspritzgussmasse aufgefüllt. »Der Vorteil besteht darin, dass sich eine solche Keramikfolie schnell und wirtschaftlich in großen Mengen herstellen lässt«, sagt Andreas Baumann, der das vom Bundeswirtschaftsministerium geförderte Projekt GreenTaPIM am IKTS betreut. »Der Prozess vereinfacht sich, auch weil man nur noch eine Komponente spritzgießen muss.«

Da auf die Zangenschenkel beim Kneifen zum Teil starke Kräfte wirken, muss die Zwei-Komponenten-Verbindung besonders stabil sein. Baumann hat deshalb in sein Spritzguss-Verfahren einen Trick aus dem klassischen Löten eingebaut: Keramik und Metall lassen sich beim herkömmlichen »Aktivlöten« nur dann verbinden, wenn man für das Lot solche Metalle wählt, die mit der Keramik reagieren. Der Keramik wächst auf diese Weise eine Art Haut, auf der die angelötete Metallkomponente gut haftet. Doch das Löten war Baumann zu aufwändig. Er mischt die Lotmetalle – Refraktärmetalle wie etwa Titan oder Silizium

– einfach unter das Metallpulver. Beim Sintern wandern diese ganz automatisch zur Keramik und bilden so eine feste Verbindung zwischen Metallbauteil und Keramikfolie – ganz ohne Lötprozess. Ein weiterer Vorteil: Mit dem Folienspritzguss lassen sich auch beliebige 3-D-Bauteile fertigen. Das war mit dem klassischen Lötverfahren kaum möglich, da das Lot abfließt.

Dr. Uwe Schöler, bei Olympus Winter & Ibe für das Projekt verantwortlich, hält das neue Folienspritzgussverfahren für sehr vielversprechend. »Noch müssen wir aber ausführliche Bauteiltests durchführen«, sagt er. »Denn die häufige Reinigung der chirurgischen Instrumente unter aggressiven Reinigungsbedingungen im Autoklaven kann der Keramik zusetzen.« Eine Alternative wäre für Schöler der Einsatz von Einwegzangen. Dass sich derartige Instrumente mit der neuen Methode preisgünstig herstellen lassen, davon ist Schöler überzeugt. Bis zur Serienfertigung, sagt er, dürften allerdings noch einige Jahre vergehen.

**Tim Schröder**